

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 9 月 2 6 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 2 8 1 0 8 4
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 2 - 2 8 1 0 8 4]

出 願 人 セイコーエプソン株式会社
Applicant(s):

2 0 0 3 年 9 月 8 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 EP-0404101

【提出日】 平成14年 9月26日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 26/08

【発明者】

 【住所又は居所】 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

 【氏名】 黒沢 龍一

【特許出願人】

 【識別番号】 000002369

 【氏名又は名称】 セイコーエプソン株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100090479

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 井上 一

 【電話番号】 03-5397-0891

【選任した代理人】

 【識別番号】 100090387

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 布施 行夫

 【電話番号】 03-5397-0891

【選任した代理人】

 【識別番号】 100090398

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 大淵 美千栄

 【電話番号】 03-5397-0891

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 039491

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9402500

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ミラーデバイス、光スイッチ、電子機器およびミラーデバイス
駆動方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 所定の距離依存性駆動力によって駆動されるミラーを有するミラー基板と、当該ミラー基板を支持する支持基板とを有するミラーデバイスにおいて、

前記ミラー基板は、

前記距離依存性駆動力が作用するとともに、前記ミラーと一体的に形成され、前記ミラーとは異なる位置に設けられる少なくとも 1 つの第 1 のミラー側作用部と、

前記距離依存性駆動力が作用するとともに、前記ミラーが駆動される一方向側および当該一方向とは逆の逆方向側の少なくとも一方のミラー端部に設けられる少なくとも 1 つの第 2 のミラー側作用部と、

を有し、

前記支持基板は、

前記第 1 のミラー側作用部との間で前記距離依存性駆動力が作用する少なくとも 1 つの第 1 の対向側作用部と、

前記第 2 のミラー側作用部との間で前記距離依存性駆動力が作用する少なくとも 1 つの第 2 の対向側作用部と、

を有し、

前記第 1 および第 2 のミラー側作用部並びに前記第 1 および第 2 の対向側作用部を、前記距離依存性駆動力の少なくとも一部として吸引力を発生可能に形成し、

前記ミラー基板および前記支持基板の少なくとも一方を、前記第 1 のミラー側作用部と前記第 1 の対向側作用部との間隔が、前記第 2 のミラー側作用部と前記第 2 の対向側作用部との間隔と比較して狭くなるように形成したことを特徴とするミラーデバイス。

【請求項 2】 請求項 1 において、

前記第 2 のミラー側作用部と前記第 2 の対向側作用部との間で吸引力が作用している状態で、前記ミラー以外の前記ミラー基板を元の位置に復元させるために、前記第 1 のミラー側作用部および第 1 の対向側作用部との間で発生している吸引力の発生を停止するように、各ミラー側作用部および各対向側作用部を形成したことを特徴とするミラーデバイス。

【請求項 3】 請求項 1、2 のいずれかにおいて、

前記支持基板を、前記第 1 のミラー側作用部と前記第 1 の対向側作用部との間隔が、前記第 2 のミラー側作用部と前記第 2 の対向側作用部との間隔と比較して狭くなるように階段状に形成したことを特徴とするミラーデバイス。

【請求項 4】 請求項 1～3 のいずれかにおいて、

前記第 1 のミラー側作用部を、前記ミラーの駆動方向と交わる方向に所定の間隔で複数配置し、

前記ミラーから離れた位置にある前記第 1 のミラー側作用部と前記第 1 の対向側作用部から前記ミラーから近い位置にある前記第 1 のミラー側作用部と前記第 1 の対向側作用部まで順番に吸引力を作用させることによって前記第 2 のミラー側作用部と前記第 2 の対向側作用部との間隔を徐々に狭めるために、前記ミラーから離れた位置にある前記第 1 のミラー側作用部と前記第 1 の対向側作用部との間隔を、前記ミラーから近い位置にある前記第 1 のミラー側作用部と前記第 1 の対向側作用部との間隔と比較して狭く形成したことを特徴とするミラーデバイス。

【請求項 5】 請求項 1～4 のいずれかにおいて、

前記ミラー基板は、前記ミラーと一体的に形成され、前記ミラーを回転可能に支持する回転軸部を有し、

前記第 1 のミラー側作用部を、前記回転軸部の軸線上に前記ミラーを挟む形で複数設けたことを特徴とするミラーデバイス。

【請求項 6】 請求項 1～5 のいずれかにおいて、

前記距離依存性駆動力はクーロン力であることを特徴とするミラーデバイス。

【請求項 7】 請求項 6 において、

前記第 1 および第 2 のミラー側作用部並びに前記第 1 および第 2 の対向側作用部の少なくとも一方は電極であることを特徴とするミラーデバイス。

【請求項 8】 請求項 6、7 のいずれかにおいて、

前記ミラー基板は導電性シリコン基板であることを特徴とするミラーデバイス。

【請求項 9】 請求項 1～8 のいずれかに記載のミラーデバイスを有し、前記ミラーの駆動によって光路を切り替えることを特徴とする光スイッチ。

【請求項 10】 請求項 1～8 のいずれかに記載のミラーデバイスを有することを特徴とする電子機器。

【請求項 11】 所定の距離依存性駆動力によって駆動されるミラーを有するミラー基板と、当該ミラー基板を支持する支持基板とを有するミラーデバイスを駆動するミラーデバイス駆動方法において、

前記距離依存性駆動力は、前記ミラー基板の少なくとも一部と、前記支持基板の少なくとも一部との間で作用し、

前記ミラーから離れた位置にある前記ミラー基板と当該ミラー基板の対向位置にある前記支持基板との間隔は、前記ミラーと当該ミラーの対向位置にある前記支持基板との間隔と比較して狭くなるように形成され、

前記ミラーから離れた位置にある前記ミラー基板と当該ミラー基板の対向位置にある前記支持基板から前記ミラー側に向かって前記距離依存性駆動力を発生することにより、前記ミラー基板と当該ミラー基板の対向位置にある前記支持基板との間隔を徐々に狭めることによって前記ミラーと当該ミラーの対向位置にある前記支持基板との間隔を狭め、

前記ミラーと当該ミラーの対向位置にある前記支持基板との間隔が狭まった状態で、前記ミラーと当該ミラーの対向位置にある前記支持基板との間に前記距離依存性駆動力を発生することによって前記ミラーを駆動することを特徴とするミラーデバイス駆動方法。

【請求項 12】 請求項 11 において、

前記ミラーと当該ミラーの対向位置にある前記支持基板との間隔が狭まった状態で、前記ミラー以外のミラー基板と、当該ミラー基板の対向位置にある前記支

持基板との間で発生している前記距離依存性駆動力の発生を停止し、前記ミラーから離れた位置にある前記ミラー基板と当該ミラー基板の対向位置にある前記支持基板との間隔を広げることによって前記ミラーを駆動することを特徴とすることを特徴とするミラーデバイス駆動方法。

【請求項 13】 請求項 12 において、

前記ミラー基板は、前記ミラーを回転駆動可能に支持する回転軸部を有し、
前記ミラーから離れた位置にある前記ミラー基板と当該ミラー基板の対向位置にある前記支持基板との間隔を広げる際に、前記ミラーの一端を前記支持基板に近づけた状態で前記回転軸部を前記支持基板から離すことによって前記ミラーを回転駆動することを特徴とするミラーデバイス駆動方法。

【請求項 14】 請求項 11～13 のいずれかにおいて、

前記距離依存性駆動力はクーロン力であることを特徴とするミラーデバイス駆動方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ミラーデバイス、光スイッチ、電子機器およびミラーデバイス駆動方法に関する。

【0002】

【背景技術】

ミラーデバイスを駆動する場合、より小さな駆動力でミラーをより大きく駆動することが課題となっている。

【0003】

このような課題を解決するため、特許文献 1 では、ミラーの駆動方向の下面に傾斜面を有する対向電極を設け、当該傾斜面の傾斜方向に溝を設けた光走査装置が提案されている。

【0004】

【特許文献 1】

特開 2001-311900 号公報

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

ミラーデバイスを駆動する駆動力については、例えば、クーロン力によって静電駆動する場合、電極間の距離が近いほど駆動力が増し、電極間の距離が遠いほど駆動力が減る距離依存性を有する。

【0006】

したがって、特許文献1の方式では、傾斜が緩やかな場合には適用可能と思われるが、傾斜角を大きくするほどミラーと対向電極との距離が離れてしまい、より大きな駆動力が必要となり、より小さな駆動力でミラーをより大きく駆動するという課題を適切に解決することはできない。

【0007】

本発明は、上記の課題に鑑みなされたものであり、その目的は、より小さな駆動力でミラーをより大きく駆動することが可能なミラーデバイス、光スイッチ、電子機器およびミラーデバイス駆動方法を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するため、本発明に係るミラーデバイスは、所定の距離依存性駆動力によって駆動されるミラーを有するミラー基板と、当該ミラー基板を支持する支持基板とを有するミラーデバイスにおいて、

前記ミラー基板は、

前記距離依存性駆動力が作用するとともに、前記ミラーと一体的に形成され、前記ミラーとは異なる位置に設けられる少なくとも1つの第1のミラー側作用部と、

前記距離依存性駆動力が作用するとともに、前記ミラーが駆動される一方向側および当該一方向とは逆の逆方向側の少なくとも一方のミラー端部に設けられる少なくとも1つの第2のミラー側作用部と、

を有し、

前記支持基板は、

前記第1のミラー側作用部との間で前記距離依存性駆動力が作用する少なくと

も 1 つの第 1 の対向側作用部と、

前記第 2 のミラー側作用部との間で前記距離依存性駆動力が作用する少なくとも 1 つの第 2 の対向側作用部と、

を有し、

前記第 1 および第 2 のミラー側作用部並びに前記第 1 および第 2 の対向側作用部を、前記距離依存性駆動力の少なくとも一部として吸引力を発生可能に形成し

、

前記ミラー基板および前記支持基板の少なくとも一方を、前記第 1 のミラー側作用部と前記第 1 の対向側作用部との間隔が、前記第 2 のミラー側作用部と前記第 2 の対向側作用部との間隔と比較して狭くなるように形成したことを特徴とする。

【0009】

また、本発明に係る光スイッチは、上記ミラーデバイスを有し、前記ミラーの駆動によって光路を切り替えることを特徴とする。

【0010】

また、本発明に係る電子機器は、上記ミラーデバイスを有することを特徴とする。

【0011】

また、本発明に係るミラーデバイス駆動方法は、所定の距離依存性駆動力によって駆動されるミラーを有するミラー基板と、当該ミラー基板を支持する支持基板とを有するミラーデバイスを駆動するミラーデバイス駆動方法において、

前記距離依存性駆動力は、前記ミラー基板の少なくとも一部と、前記支持基板の少なくとも一部との間で作用し、

前記ミラーから離れた位置にある前記ミラー基板と当該ミラー基板の対向位置にある前記支持基板との間隔は、前記ミラーと当該ミラーの対向位置にある前記支持基板との間隔と比較して狭くなるように形成され、

前記ミラーから離れた位置にある前記ミラー基板と当該ミラー基板の対向位置にある前記支持基板から前記ミラー側に向かって前記距離依存性駆動力を発生することにより、前記ミラー基板と当該ミラー基板の対向位置にある前記支持基板

との間隔を徐々に狭めることによって前記ミラーと当該ミラーの対向位置にある前記支持基板との間隔を狭め、

前記ミラーと当該ミラーの対向位置にある前記支持基板との間隔が狭まった状態で、前記ミラーと当該ミラーの対向位置にある前記支持基板との間に前記距離依存性駆動力を発生することによって前記ミラーを駆動することを特徴とすることを特徴とする。

【0012】

本発明によれば、ミラーデバイス等は、距離依存性のある駆動力（例えば、クーロン力、電磁気力等）を用いてミラーを駆動する場合に、ミラーから離れた位置にあるミラー基板と当該ミラー基板の対向位置にある支持基板からミラー側に向かって距離依存性駆動力を発生することにより、ミラー基板と当該ミラー基板の対向位置にある支持基板との間隔を徐々に狭めることによって前記ミラーと当該ミラーの対向位置にある前記支持基板との間隔を狭めることができる。

【0013】

そして、ミラーデバイス等は、ミラーと当該ミラーの対向位置にある支持基板との間隔が狭まった状態で、ミラーと当該ミラーの対向位置にある支持基板との間に距離依存性駆動力を発生することによってミラーを駆動することができる。

【0014】

すなわち、ミラーの駆動時は、初期状態と比較してミラーと支持基板との間隔が狭まった状態となっているため、ミラーデバイス等は、より小さな駆動力でミラーを駆動することができる。

【0015】

また、ミラーを駆動するまでの過程においても、ミラーデバイス等は、ミラーから離れた位置からミラーに向かって徐々にミラー基板と支持基板との間隔を狭めることができるため、より小さな駆動力でミラーを駆動可能な状態にすることができる。

【0016】

なお、距離依存性駆動力または吸引力を発生する手法としては、例えば、前記距離依存性駆動力としてクーロン力を用いる場合には、前記ミラー側作用部と前

記対向側作用部に電位差を生じさせる手法を採用し、前記距離依存性駆動力として電磁気力を用いる場合には、前記ミラー側作用部と前記対向側作用部の極性を逆（例えば、N極とS極）にする手法を採用してもよい。

【0017】

また、距離依存性駆動力または吸引力を停止する手法としては、例えば、前記距離依存性駆動力としてクーロン力を用いる場合には、前記ミラー側作用部と前記対向側作用部の電位差をなくす手法を採用し、前記距離依存性駆動力として電磁気力を用いる場合には、前記ミラー側作用部と前記対向側作用部の極性を同じ（例えば、N極とN極、S極とS極）にする手法を採用してもよい。

【0018】

また、前記ミラーデバイス、前記光スイッチおよび前記電子機器において、前記第2のミラー側作用部と前記第2の対向側作用部との間で吸引力が作用している状態で、前記ミラー以外の前記ミラー基板を元の位置に復元させるために、前記第1のミラー側作用部および第1の対向側作用部との間で発生している吸引力の発生を停止するように、各ミラー側作用部および各対向側作用部を形成してもよい。

【0019】

また、前記ミラーデバイス駆動方法において、前記ミラーと当該ミラーの対向位置にある前記支持基板との間隔が狭まった状態で、前記ミラー以外のミラー基板と、当該ミラー基板の対向位置にある前記支持基板との間で発生している前記距離依存性駆動力の発生を停止し、前記ミラーから離れた位置にある前記ミラー基板と当該ミラー基板の対向位置にある前記支持基板との間隔を広げることによって前記ミラーを駆動してもよい。

【0020】

これによれば、ミラーデバイス等は、ミラーと当該ミラーの対向位置にある支持基板との間隔が狭い状態で、ミラー以外のミラー基板の一部を支持基板から離すことができるため、ミラーをより大きく傾けることができる。

【0021】

したがって、ミラーデバイス等は、より小さな駆動力でミラーをより大きく駆

動することができる。

【0022】

また、前記ミラーデバイス、前記光スイッチおよび前記電子機器において、前記支持基板を、前記第1のミラー側作用部と前記第1の対向側作用部との間隔が、前記第2のミラー側作用部と前記第2の対向側作用部との間隔と比較して狭くなるように階段状に形成してもよい。

【0023】

これによれば、支持基板を階段状に形成することにより、ミラーデバイス等は、ミラー基板を段階的に支持基板に近づけることができる。

【0024】

また、ここで、前記ミラーデバイス、前記光スイッチおよび前記電子機器において、例えば、前記ミラー基板を平板状に形成し、各対向側作用部を階段の各段ごとに設けてもよい。

【0025】

また、前記ミラーデバイス、前記光スイッチおよび前記電子機器において、前記第1のミラー側作用部を、前記ミラーの駆動方向と交わる方向に所定の間隔で複数配置し、

前記ミラーから離れた位置にある前記第1のミラー側作用部と前記第1の対向側作用部から前記ミラーから近い位置にある前記第1のミラー側作用部と前記第1の対向側作用部まで順番に吸引力を作用させることによって前記第2のミラー側作用部と前記第2の対向側作用部との間隔を徐々に狭めるために、前記ミラーから離れた位置にある前記第1のミラー側作用部と前記第1の対向側作用部との間隔を、前記ミラーから近い位置にある前記第1のミラー側作用部と前記第1の対向側作用部との間隔と比較して狭く形成してもよい。

【0026】

これによれば、第1のミラー側作用部と第1の対向側作用部を複数設けることにより、1つだけ設ける場合と比較して、第1のミラー側作用部と第1の対向側作用部との間隔をより狭くし、第2のミラー側作用部と第2の対向側作用部との間隔をより広く設定することが可能となるため、ミラーデバイス等は、より小さ

な駆動力でミラーをより大きく駆動することが可能となる。

【0027】

また、前記ミラーデバイス、前記光スイッチおよび前記電子機器において、前記ミラー基板は、前記ミラーと一体的に形成され、前記ミラーを回転可能に支持する回転軸部を有し、

前記第1のミラー側作用部を、前記回転軸部の軸線上に前記ミラーを挟む形で複数設けてもよい。

【0028】

また、前記ミラーデバイス駆動方法において、前記ミラー基板は、前記ミラーを回転駆動可能に支持する回転軸部を有し、

前記ミラーから離れた位置にある前記ミラー基板と当該ミラー基板の対向位置にある前記支持基板との間隔を広げる際に、前記ミラーの一端を前記支持基板に近づけた状態で前記回転軸部を前記支持基板から離すことによって前記ミラーを回転駆動してもよい。

【0029】

これによれば、ミラーデバイス等は、回転軸部を介してミラーを徐々に支持基板側に近づけ、ミラーが支持基板に接近した状態でミラー以外のミラー基板を支持基板から離すことにより、回転軸部をねじり、ミラーを回転駆動することができる。

【0030】

また、前記ミラーデバイス、前記光スイッチ、前記電子機器および前記ミラーデバイス駆動方法において、前記距離依存性駆動力はクーロン力であってもよい。

【0031】

また、前記ミラーデバイス、前記光スイッチおよび前記電子機器において、前記第1および第2のミラー側作用部並びに前記第1および第2の対向側作用部の少なくとも一方は電極であってもよい。

【0032】

これによれば、ミラーデバイス等は、クーロン力（静電気力）によって低電圧

駆動でもミラーを大きく駆動することができる。また、ミラーデバイス等は、静電駆動方式を採用することにより、ミラーの駆動のために必要となる消費電力と発熱を抑制することができる。

【0033】

また、前記ミラーデバイス、前記光スイッチ、前記電子機器および前記ミラーデバイス駆動方法において、前記ミラー基板は導電性シリコン基板であってもよい。

【0034】

これによれば、ミラーデバイス等は、導電性シリコン基板を用いることにより、ミラー基板に電極を用いることなく、静電駆動することが可能となる。

【0035】

【発明の実施の形態】

以下、本発明を、ミラーの傾きによって光路を切り替えるミラーデバイスに適用した場合を例に採り、図面を参照しつつ説明する。なお、以下に示す実施形態は、特許請求の範囲に記載された発明の内容を何ら限定するものではない。また、以下の実施形態に示す構成の全てが、特許請求の範囲に記載された発明の解決手段として必須であるとは限らない。

【0036】

(実施例)

図1は、本実施形態の一例に係るミラーデバイスの平面図である。また、図2は、本実施形態の一例に係るミラーデバイスの断面図であり、図2(A)は、初期状態のミラーデバイスの断面図であり、図2(B)は、ミラー10以外のシリコン基板1をガラス基板2に吸引した状態のミラーデバイスの断面図であり、図2(C)は、ミラー10をガラス基板1に吸引した状態のミラーデバイスの断面図であり、図2(D)は、ミラー10以外のシリコン基板1をガラス基板2から離れた状態のミラーデバイスの断面図である。また、図3は、本実施形態の一例に係るミラーデバイスの斜視図であり、図3(A)は、初期状態のミラーデバイスの斜視図であり、図3(B)は、ミラー10以外のシリコン基板1をガラス基板2に吸引した状態のミラーデバイスの斜視図であり、図3(C)は、ミラー1

0 をガラス基板 1 に吸引した状態のミラーデバイスの斜視図であり、図 3 (D) は、ミラー 10 以外のシリコン基板 1 をガラス基板 2 から離れた状態のミラーデバイスの斜視図である。

【0037】

まず、本実施形態のミラーデバイスの構成について説明する。

【0038】

本実施形態のミラーデバイスは、距離依存性駆動力の一種であるクーロン力によって駆動されるミラー 10 を有するミラー基板であるシリコン基板 1 と、シリコン基板 1 を支持する支持基板であるガラス基板 2 とを有する。

【0039】

また、シリコン基板 1 の一部は、クーロン力が作用するとともに、ミラー 10 と一体的に形成され、回転軸部であるヒンジ 19 を介してミラー 10 の両側に設けられる第 1 のミラー側作用部として機能する。

【0040】

また、ミラー 10 の駆動方向にある 2 つの端部は、それぞれ第 2 のミラー側作用部として機能する。

【0041】

また、ガラス基板 2 は、第 1 のミラー側作用部との間でクーロン力が作用する第 1 の対向側作用部として機能する対向側作用部 23、24 と、第 2 のミラー側作用部との間でクーロン力が作用する第 2 の対向側作用部として機能する対向側作用部 21、22 とを含んで構成されている。

【0042】

また、ガラス基板 2 は、階段状に形成され、第 1 のミラー側作用部と第 1 の対向側作用部との間隔が、第 2 のミラー側作用部と第 2 の対向側作用部との間隔と比較して狭くなるように形成されている。

【0043】

すなわち、図 2 (A) に示すように、シリコン基板 1 と対向側作用部 23、24 との間隔は、ミラー 10 と対向側作用部 21、22 との間隔と比較して狭くなっている。

【0044】

また、対向側作用部 21～24 は、電極として形成され、電圧の ON、OFF の設定が可能である。

【0045】

すなわち、ミラー側作用部と対向側作用部 21～24 は、いわゆる平行平板静電アクチュエータとして機能する。これにより、ミラー側作用部と対向側作用部 21～24 との間には距離依存性のある（距離が遠くなるほど作用が弱くなる）駆動力の一種であるクーロン力（静電気力）が作用する。

【0046】

なお、このようなミラーデバイスを実現するための材料としては、例えば、以下のものを適用できる。

【0047】

シリコン基板 1 としては、例えば、低抵抗（ $0.1\ \Omega \cdot \text{cm}$ ）シリコン基板等を用い、シリコン基板 1 の下部に絶縁膜として SiO_2 が被膜され、ガラス基板 2 としては、例えば、ホウケイ酸ナトリウムガラス等を用い、ミラー 10 としては、例えば、シリコン基板 1 と同材料であってもよく、ミラー 10 としてアルミニウム等を用い、ミラー側作用部として ITO 等の透明電極を用いてもよい。

【0048】

また、対向側作用部 21～24 としては、例えば、ITO 等の透明電極を用いてもよい。

【0049】

なお、本実施形態のミラーデバイスの製造方法としては、一般的なマイクロマシニング技術を用いて実現でき、例えば、特開平 9-159937 号公報に記載された手法を用いてもよい。特に、マイクロマシニング技術を用いることにより、ミラーデバイスを容易に小型化することが可能となる。

【0050】

次に、本実施形態のミラーデバイスの動作についてフローチャートを用いて説明する。

【0051】

図4は、本実施形態の一例に係るミラーデバイスの駆動時の動作を示すフローチャートである。

【0052】

図2（A）および図3（A）に示すように、初期状態では、対向側作用部21～24のすべてがOFFになっている。

【0053】

初期状態で、ミラーデバイスは、シリコン基板1を駆動する基板駆動用電極である対向側作用部23、24に電圧を印加する（ステップS1）。

【0054】

これにより、第1のミラー側作用部と対向側作用部23、24との間にクーロン力が発生し、図2（B）および図3（B）に示すように、ガラス基板2と密着していないシリコン基板1、ヒンジ19およびミラー10がガラス基板2に近づき、第1のミラー側作用部として機能するシリコン基板1の一部と対向側作用部23、24とが密着した状態となる。

【0055】

そして、この状態で、ミラーデバイスは、基板駆動用電極の印加電圧を保持した状態で、ミラー駆動用電極である対向側作用部21に電圧を印加する（ステップS2）。

【0056】

これにより、第2のミラー側作用部と対向側作用部21との間にクーロン力が発生し、図2（C）および図3（C）に示すように、ガラス基板2と密着していないヒンジ19およびミラー10がガラス基板2に近づき、第2のミラー側作用部として機能するミラー10の端部と対向側作用部21とが密着した状態となる。

【0057】

そして、この状態で、ミラーデバイスは、ミラー駆動用電極の印加電圧を保持した状態で、基板駆動用電極である対向側作用部23、24の印加電圧をオフにする（ステップS3）。

【0058】

これにより、第2のミラー側作用部と対向側作用部21との間ではクーロン力が発生したまま、第1のミラー側作用部と対向側作用部23、24との間で発生していたクーロン力の発生が停止する。

【0059】

これにより、図2（D）および図3（D）に示すように、第1のミラー側作用部として機能するシリコン基板1がガラス基板2から離れ、ミラー10の端部が対向側作用部21に密着したままヒンジ19がねじられ、ミラー10が回転駆動した状態となる。

【0060】

この作用により、図3（D）に示すように、ミラー10は、対向側作用部21側に大きく傾く。

【0061】

このように、ミラーデバイスは、ミラー10の駆動方向とは異なる方向に段差を設け、ミラー10を段階的に対向側作用部21に近づけ、ミラー10の端部を対向側作用部21に密着した状態でヒンジ19を上を持ち上げることにより、小さな駆動力でミラー10を大きく傾けることができる。

【0062】

また、ミラー10を対向側作用部21に密着した状態を保持する際に必要となる電圧は、ミラー10を駆動する際の電圧と比較してより低電圧でよい。

【0063】

図5は、本実施形態の一例に係る電圧とミラー10の傾きとの関係を示すグラフである。

【0064】

図5に示すように、例えば、ミラー10の最大の傾き度合いが0.68程度であり、当該傾きを得るために昇圧する場合には7V程度の電圧でミラー10を駆動する必要があるが、当該傾きを保持するためには2V程度の電圧まで降圧してもよい。

【0065】

以上のように、本実施の形態によれば、ミラーデバイスは、クーロン力を用い

てミラーを駆動する場合に、ミラーから離れた位置にあるシリコン基板 1 と当該シリコン基板 1 の対向位置にあるガラス基板 2 からミラー 10 側に向かってクーロン力を発生することにより、シリコン基板 1 と当該シリコン基板 1 の対向位置にある対向側作用部 23、24 との間隔を徐々に狭めることによってミラー 10 とミラー 10 の対向位置にある対向側作用部 21、22 との間隔を狭めることができる。

【0066】

そして、ミラーデバイスは、ミラー 10 と対向側作用部 21、22 との間隔が狭まった状態で、ミラー 10 と対向側作用部 21 との間にクーロン力を発生することによってミラー 10 を駆動することができる。

【0067】

すなわち、ミラー 10 の駆動時は、初期状態と比較してミラー 10 と対向側作用部 21 との間隔が狭まった状態となっているため、ミラーデバイスは、より小さな駆動力でミラー 10 を駆動することができる。

【0068】

また、ミラー 10 を駆動するまでの過程においても、ミラーデバイスは、ミラー 10 から離れた位置からミラー 10 に向かって徐々にシリコン基板 1 とガラス基板 2 との間隔を狭めることができるため、より小さな駆動力でミラー 10 を駆動可能な状態にすることができる。

【0069】

また、本実施の形態によれば、ミラーデバイスは、ミラー 10 と対向側作用部 21 の間隔が狭い状態で、ミラー 10 以外のシリコン基板 1 の一部を対向側作用部 23、24 から上方に持ち上げることができるため、ミラー 10 をより大きく傾けることができる。

【0070】

したがって、ミラーデバイスは、より小さな駆動力でミラー 10 をより大きく駆動することができる。

【0071】

また、ミラーデバイスは、ヒンジ 19 を介してミラー 10 を回転駆動すること

により、ヒンジ19をねじり、ミラー10を回転駆動することができる。

【0072】

また、ミラーデバイスは、クーロン力を用いてミラー10等を静電駆動するため、消費電力と発熱を低減することができる。

【0073】

また、ミラー基板を導電性のシリコン基板1として形成することにより、ミラー10やシリコン基板1に電極を設ける必要はないため、消費電力と発熱をより低減することができる。

【0074】

(変形例)

以上、本発明を適用した好適な実施の形態について説明してきたが、本発明は上述した実施例に限定されず、種々の変形が可能である。

【0075】

例えば、上述した実施例では、第1のミラー側作用部と第1の対向側作用部23、24は、ミラー10の両側に1つずつであったが、ミラー10の両側に複数設け、第1の対向側作用部の個数に応じてガラス基板2の段数を増やしてもよい。

【0076】

これによれば、第1のミラー側作用部および第1の対向側作用部を複数設けることにより、1つだけ設ける場合と比較して、第1のミラー側作用部と第1の対向側作用部との間隔をより狭くし、第2のミラー側作用部と第2の対向側作用部との間隔をより広く設定することが可能となるため、ミラーデバイスは、より小さな駆動力でミラー10をより大きく駆動することが可能となる。

【0077】

また、この場合、ミラーデバイスは、第1のミラー側作用部と第1の対向側作用部の組ごとにクーロン力を付与することが可能となるため、ミラー10の振れ角を段階的に制御することも可能となる。

【0078】

さらに、この場合、第1のミラー側作用部と第1の対向側作用部の組ごとにク

ーロン力の発生を停止することが可能となるため、ミラーデバイスは、一度にミラー 10 以外のシリコン基板 1 を上方に持ち上げるのではなく、ミラー 10 から離れた位置にあるシリコン基板 1 から段階的に上方に持ち上げて元の状態に戻すことが可能となる。これにより、ミラーデバイスは、ミラー 10 駆動時のミラー 10 への衝撃を低減し、ミラー 10 をより安定的に駆動することが可能となる。

【0079】

また、例えば、上述した実施例では、ミラー 10 の両側に静電アクチュエータを設けたが、ミラー 10 の片側を固定し、他の片側に静電アクチュエータを設けてもよい。すなわち、いわゆる片持ち梁方式のミラーデバイスに対しても本発明を適用することが可能である。この場合、当該静電アクチュエータの対向位置にのみ電極を設け、当該静電アクチュエータのない片側の対向位置には電極を設ける必要はない。

【0080】

また、例えば、上述した実施例では、ミラー 10 およびミラー側作用部としてシリコン基板 1 と同材料のものをを用いたが、ミラー 10 およびミラー側作用部のそれぞれに電極を設け、対向側の対向側作用部 21～24 ではなく、当該電極に電圧を印加し、電位差を生じさせ、ミラー側作用部で距離依存性駆動力を発生することにより、上述した駆動を行ってもよい。

【0081】

また、図 1 に示すように、第 2 のミラー側作用部と第 2 の対向側作用部 21、22 をミラー 10 の駆動方向の両端部に設けるのではなく、どちらか一方の端部にだけ設けてもよい。ミラー 10 の駆動方向の一方の端部に設ける方式を採用した場合であっても、ミラーデバイスはミラー 10 を回転駆動することが可能である。

【0082】

また、上述した実施例では、距離依存性のある駆動力としてクーロン力を用いたが、例えば、電磁気力等を用いてもよい。

【0083】

例えば、電磁気力を用いる場合には、距離依存性駆動力を発生する際には、ミ

ラー側作用部と対向側作用部の極性を逆（例えば、N極とS極）にする手法を採用してもよく、距離依存性駆動力を停止する際には、ミラー側作用部と対向側作用部の極性を同じ（例えば、N極とN極、S極とS極）にする手法を採用してもよい。

【0084】

また、本発明に係るミラーデバイスは、ミラーの傾きによって光路を切り替える光スイッチのほか、ルータ、プロジェクタ等の種々の電子機器に実装することが可能である。

【0085】

さらに、上述した実施例ではいわゆる平行平板の静電アクチュエータ方式を採用したが、シリコン基板1側およびガラス基板2側の少なくとも一方に傾きを設けてもよく、電極の配置されるガラス基板2を階段状ではなく、ミラー10の位置が最も深い逆V字型に形成してもよい。

【0086】

また、上述した実施例では、ガラス基板2側を階段状に形成したが、ガラス基板2側を平板状に形成し、シリコン基板1側を階段状に形成してもよい。

【0087】

さらに、ミラー10の駆動方法は回転駆動に限定されず、例えば、ミラー10を上下に駆動してミラー10の位置によって光路を切り替える駆動方法等に対しても本発明は有効である。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本実施形態の一例に係るミラーデバイスの平面図である。

【図2】 本実施形態の一例に係るミラーデバイスの断面図であり、図2（A）は、初期状態のミラーデバイスの断面図であり、図2（B）は、ミラー以外のシリコン基板をガラス基板に吸引した状態のミラーデバイスの断面図であり、図2（C）は、ミラーをガラス基板に吸引した状態のミラーデバイスの断面図であり、図2（D）は、ミラー以外のシリコン基板をガラス基板から離れた状態のミラーデバイスの断面図である。

【図3】 本実施形態の一例に係るミラーデバイスの斜視図であり、図3（

A) は、初期状態のミラーデバイスの斜視図であり、図 3 (B) は、ミラー以外のシリコン基板をガラス基板に吸引した状態のミラーデバイスの斜視図であり、図 3 (C) は、ミラーをガラス基板に吸引した状態のミラーデバイスの斜視図であり、図 3 (D) は、ミラー以外のシリコン基板をガラス基板から離れた状態のミラーデバイスの斜視図である。

【図 4】 本実施形態の一例に係るミラーデバイスの駆動時の動作を示すフローチャートである。

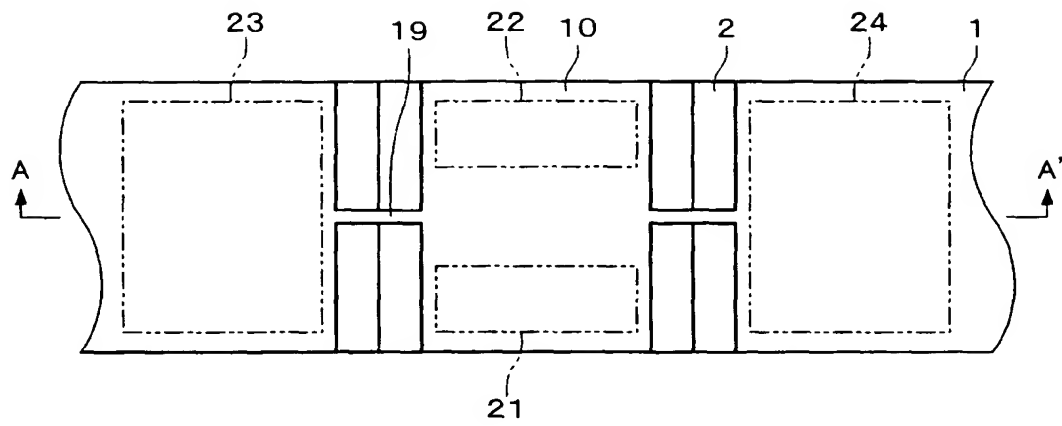
【図 5】 本実施形態の一例に係る電圧とミラーの傾きとの関係を示すグラフである。

【符号の説明】

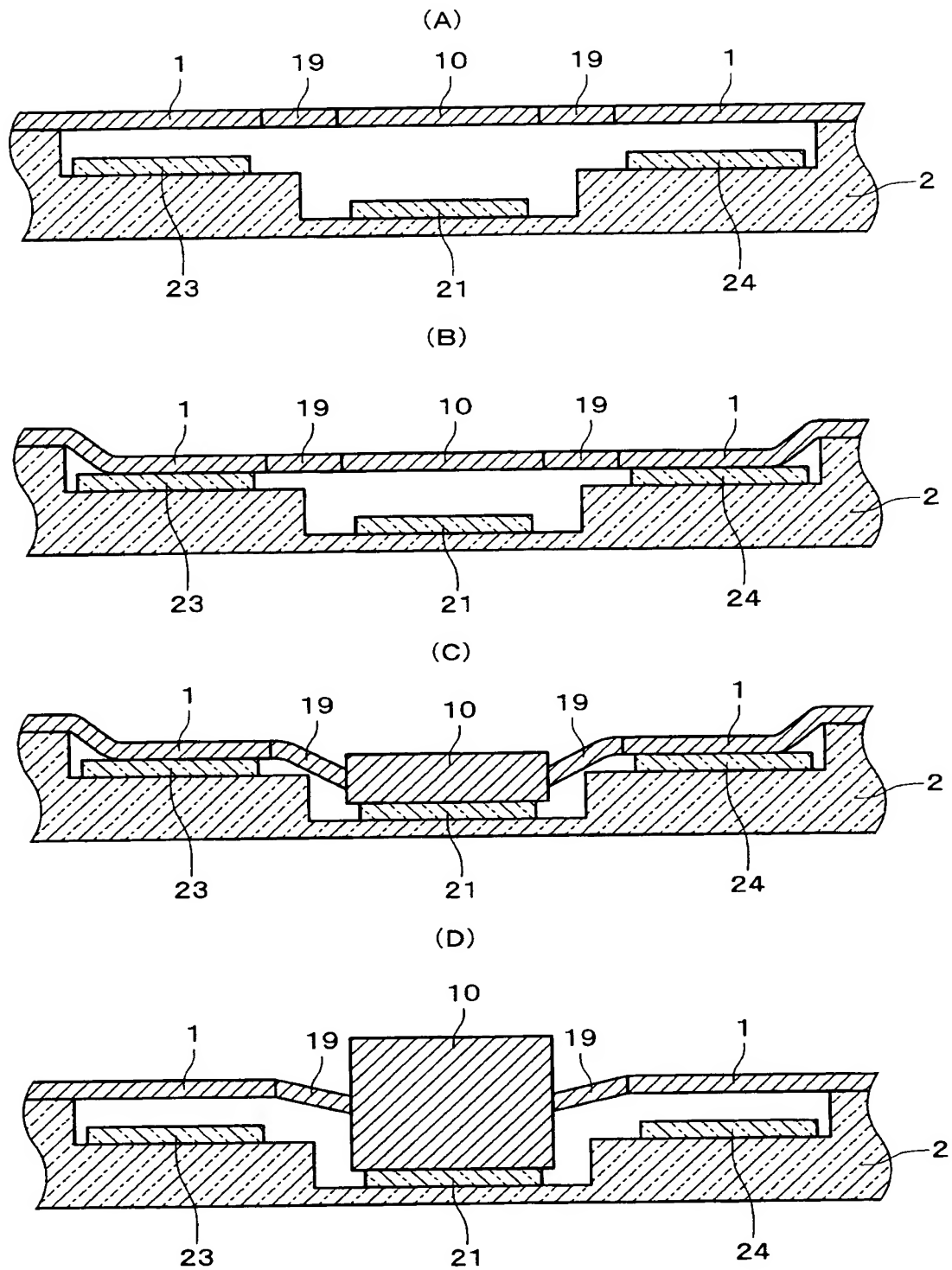
1 シリコン基板（ミラー基板、第 1 のミラー側作用部）、 2 ガラス基板（支持基板）、 10 ミラー（第 2 のミラー側作用部）、 19 ヒンジ（回転軸部）、 21、22 対向側作用部（第 2 の対向側作用部）、 23、24 対向側作用部（第 1 の対向側作用部）

【書類名】 図面

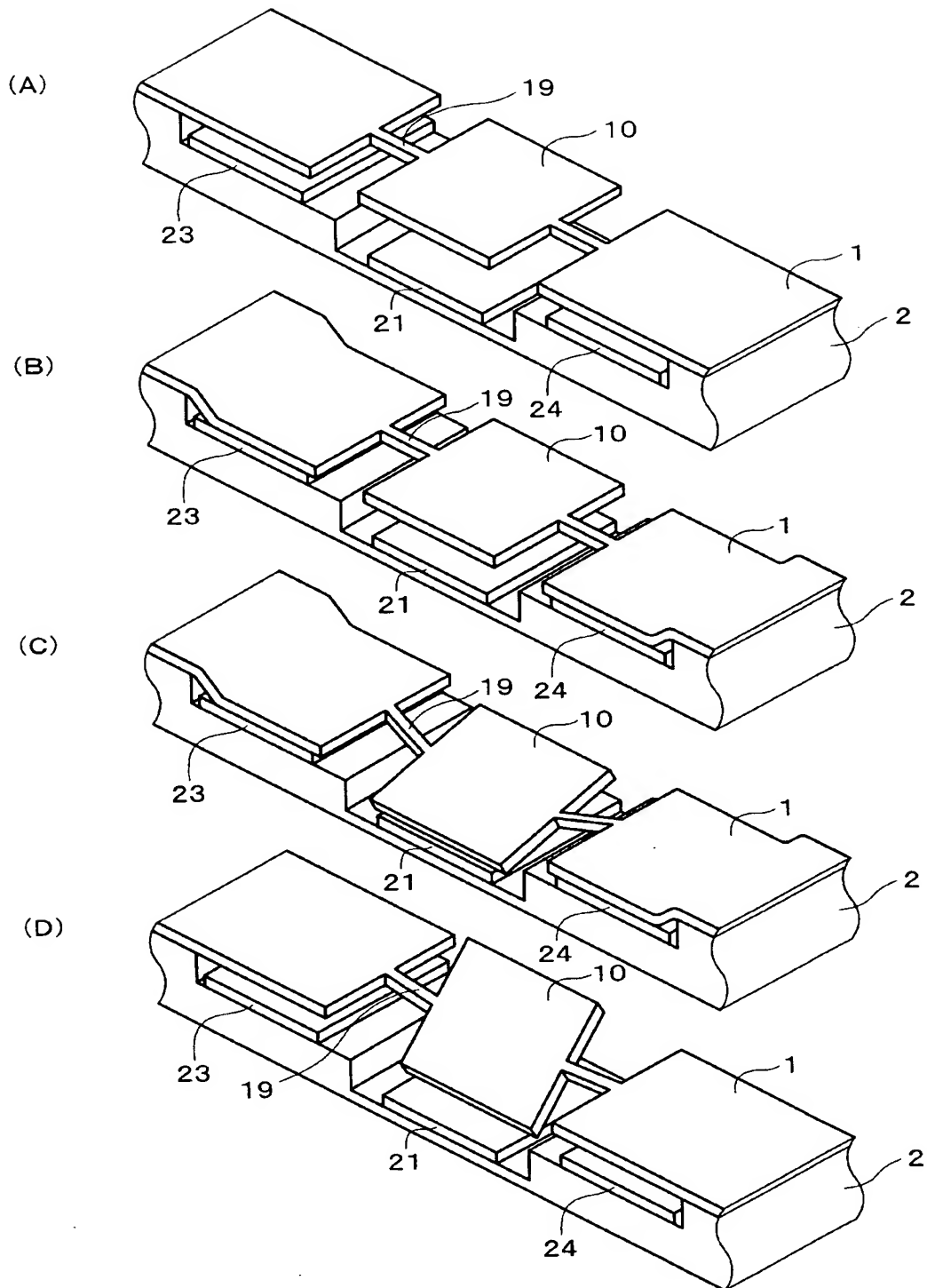
【図 1】



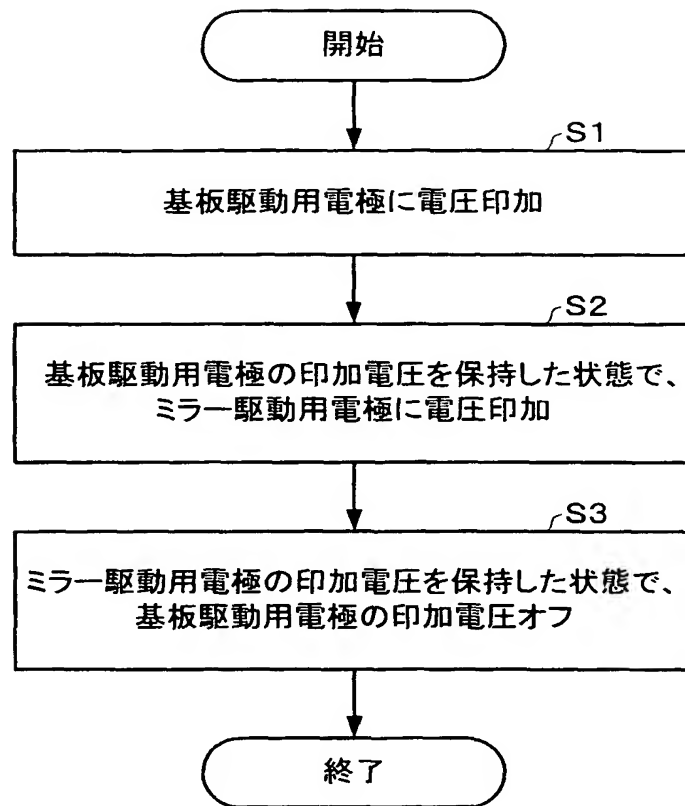
【図 2】



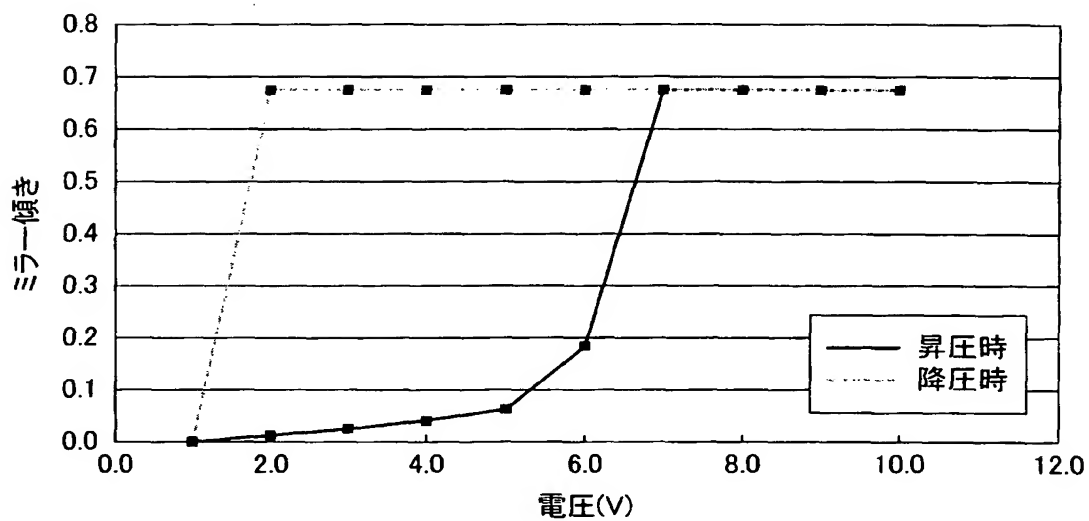
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 より小さな駆動力でミラーをより大きく駆動することが可能なミラーデバイス、光スイッチ、電子機器およびミラーデバイス駆動方法を提供すること。

【解決手段】 シリコン基板 1 に、ミラー 10 と一体的に形成され、ミラー 10 とは異なる位置に設けられる少なくとも 1 つの第 1 のミラー側作用部と、ミラー 10 端部に設けられる少なくとも 1 つの第 2 のミラー側作用部とを設け、ガラス基板 2 に、第 1 のミラー側作用部との間でクーロン力が作用する対向側作用部 23、24 と、第 2 のミラー側作用部との間でクーロン力が作用する対向側作用部 21 とを設け、第 1 のミラー側作用部と対向側作用部 23、24 との間隔が、第 2 のミラー側作用部と対向側作用部 21 との間隔と比較して狭くなるようにガラス基板 2 を形成する。

【選択図】 図 2

特願 2 0 0 2 - 2 8 1 0 8 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 2 3 6 9]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 0 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都新宿区西新宿 2 丁目 4 番 1 号

氏 名

セイコーエプソン株式会社